تحلیل نوسانات اقلیمی و تأثیر آن بر منابع آب در دامنه‌ی شمالی کرکس

داریوش رحیمی (استادیار اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان، نویسنده مسؤول)
d.rahimi@geo.ui.ac.ir
مرضیه مجد (کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان)

چکیده

تغییر اقلیم از دیدگاه بسیاری از صاحب نظران، یک پدیده‌ی طبیعی است که در توالی‌های زمانی بلند مدت به وقوع پیوسته و دوباره تکرار می‌شود. در این مطالعه‌ی روند عوامل اقلیمی و هیدرولوژی دما ، بارش و تبخیر در مقیاس‌های زمانی فصلی و سالانه دامنه‌های شمالی رشته کوه‌های کرکس با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال طی دو دوره‌ی زمانی سی ساله طی سال‌های ۲۰۰۹–۱۹۸۰ و بیست ساله ۲۰۰۷–۱۹۸۷ مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده داده‌های مورد بررسی در سطح اطمینان ۹۵٪ پارامترهای دما به ویژه میانگین کمینه‌ی سالانه به ویژه فصل زمستان،روزهای با بارش بیش از ده میلی متر سیر افزایشی و بارش سالانه بدون روند است. در دوره آماری بیست ساله‌ی (۲۰۰۷–۱۹۸۷) داده های دما و تبخیر از سیر صعودی با شتاب بیشتری نسبت به دوره‌ی ۲۰۰۹–۱۹۸۰ همراه بوده، به گونه ای که میانگین‌های سالانه، بیشینه و کمینه‌ی دما معنی‌دار و دارای روند افزایشی، بارش فاقد روند، تبخیر بدون روند، ولی معادله‌ی خط رگرسیون نشان دهنده‌ی افزایش دو تا شانزده میلی‌متر به ازای هر سال است.این شرایط باعث افزایش نیاز آبی ،کاهش رطوبت خاک،افت ظرفیت مراتع و محصولات کشاورزی فشار بیشتر بر منابع آب زیر زمینی از تبعات آن است.

کلیدواژه‌ها: تغییر اقلیم، آزمون من کندال، روند، کوه های کرکس، دما– بارش.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۶   تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۱۱/۱۵

درآمد:

اقلیم سیستم پیچیده ای است که عمدتاً به دلیل افزایش گازهای گلخانه ای در حال تغییر است. آب و هوای کره زمین در طول قرن بیستم به ویژه در دو دهه‌ی اخیر تعادل خود را از دست داده و تمایل به افزایش دما نشان داده است(IPCC,2001:a,b). تغییرات دما و بارش و گستردگی این رویداد، یکی از مهم‌ترین مباحث برای سناریوهای تغییر اقلیم است که اثرات اقتصادی –اجتماعی خاصی به‌جا می‌گذارد(Gosvami et al,2006:). از ابتدای دهه‌ی نود قرن بیستم یکی از پرجاذبه‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی مطالعات مرتبط با تغییرپذیری، نوسانات و آشکارسازی آن در زمینه‌ی اقلیم شناسی است. در این زمینه مطالعات گسترده ای انجام گرفته که در ادامه نمونه‌هایی از آن ذکر می‌شود. مانتون و همکاران(۲۰۰۰)، با بررسی داده های دما و بارش روزانه برای سال‌های ۹۸–۱۹۶۱ در منطقه‌ی جنوب آسیا، مشخص نمودند که در فصل گرم سال دما در طول روز و شب روند افزایشی و در فصل سرد سال دارای روند کاهشی دارد و این درحالی بوده که مقدار بارش فاقد روند بوده است. کلاین تانک وکنن(۲۰۰۲)با مطالعه‌ی روند دما و بارش طی دوره‌ی ۹۹–۱۹۴۶ برای صد ایستگاه هواشناسی در اروپا مشخص کردند که میانگین همه‌ی ایستگاه‌ها روند افزایشی داشته است. البته طی دوره‌ی ۷۵–۱۹۴۵ دماهای میانگین سالانه دارای نابهنجاری بیشتری بوده و میانگین بارش‌های سالانه دارای روند افزایشی با شیب ملایم بوده‌اند. سووک جو نگو همکارش(۲۰۰۷) با بررسی روند دما و بارش در جنوب کشور کره جنوبی نشان دادند که میانگین سالانه‌ی دما دارای روند کاهشی و بارش دارای یک روند افزایشی است. هان لکمن(۲۰۰۰) روند مکانی و زمانی بارش در نیم قرن گذشته برای نواحی جنوبی مدیترانه در ۲۱۱ ایستگاه طی دوره‌ی ۹۹– ۱۹۱۸ را بررسی نمودند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که بارش در سی سال آخر دوره‌ی مورد بررسی در این ناحیه، به ویژه کشور ایتالیا، دارای روند کاهشی است. مک‌لاولین و همکاران (۲۰۰۲)، تغییرات اقلیمی را با تحلیل واریانس بارندگی‌های فصلی و سالانه مورد بررسی قرار دادند و افزایش فراوانی در وقوع سال‌های خشک را مشاهده کردند. کریسولاکیس و همکاران (۲۰۰۳)، تغییرات و روند در میانگین فصلی و سالانه‌ی آب قابل بارش در یونان را با استفاده از داده‌های

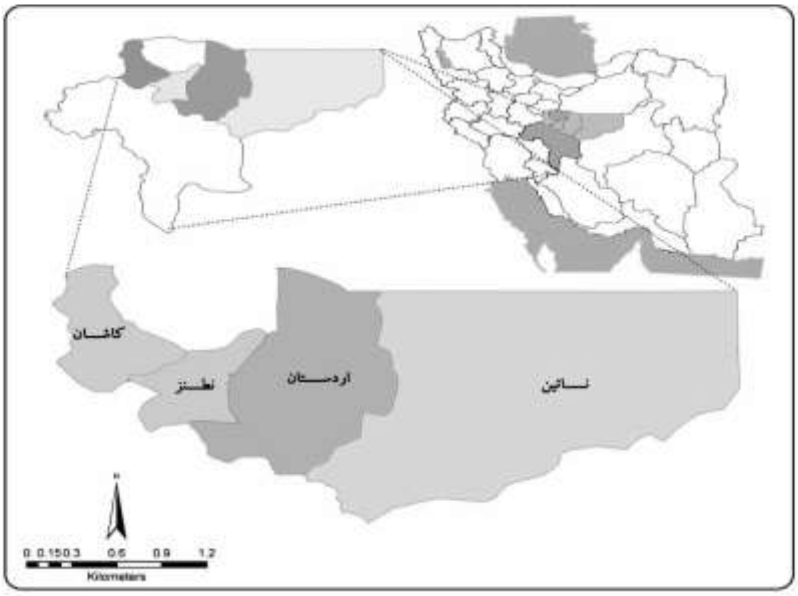
کاوشگر جو بالا، مورد مطالعه قرار دادند. تاکین و همکاران(۲۰۰٦) به بررسی رخداد خشکسالی‌ها در منطقه‌ی آلپ پرداخته و نشان دادند که تعداد خشکسالی‌های طی دهه‌ی نود میلادی افزایش بیست درصدی دارند.

در داخل کشور نیز مطالعات متعددی در زمینه‌ی آشکار سازی تغییرات اقلیمی انجام گرفته است که می‌توان به مطالعات رضیئی و همکاران (۱۳۸٤)، ابراهیمی و همکاران(۱۳۸۵)، عزیزی،روشنی(۱۳۸۷)،غیور و منتظری(۱۳۸۸)،فرج زاده همکاران(۱۳۸۹)،(عساکره،۱۳۸٦) و(۱۳۸۹)،جهانبخش و همکاران(۱۳۸۹)، مدرسی و همکاران(۱۳۸۹) اشاره داشت. به طور خلاصه نتایج این مطالعات بیانگر وجود روند افزایشی دما و کاهشی بارش در کشور و مناطق مختلف مطالعه شده است.چنانچه نوسانات دما و بارش را به عنوان شاخص تغییر اقلیم بپذیریم، فضای جغرافیایی سرزمین ایران با توجه مشخصات محیطی خود، مانند استقرار در منطقه‌ی خشک و نیمه خشک و نظام بارشی ناهماهنگ زمانی و مکانی، حیات مدنی خود را وامدار رژیم حرارتی است. دامنه های شمالی کرکس از جمله مناطق سرزمینی کشور است که این مسأله در آن صادق است. منطقه ای با بارش بین ۹۵ تا ۱٤۰ میلی‌متر، امروزه به یمن نقش ارتفاعات،پایین بودن درجه‌ی حرارت در دامنه های شمالی نسبت به دامنه های جنوبی موجب شکل گیری استقرار گاه‌های با جمعیت سیصدهزار تنی مانند شهر کاشان و یا شهرهای با جمعیت کمتر، مانند: نایین ،اردستان،زواره و صدها روستا در حاشیه‌ی دشت کویر(یکی از گرم‌ترین مناطق)شده است.در حال حاضر به نظر می‌رسد با افزایش درجه‌ی حرارت، میزان تبخیر افزایش یابد و از آن‌جا که این پدیده به معنای افزایش نیاز آبی است، لذا به دنبال آن پایداری و تعادل این کانون‌ها دست‌خوش تغییرگردید و بنیان‌های مدنی و اقتصادی آن‌ها تهدید می‌شود. بنابراین به منظور آشکار سازی نوسانات عناصر اقلیمی، بارش، دما و تبخیر مورد بررسی قرار می‌گیرند.

محدوده‌ی مورد مطالعه:محدوده‌ی مورد مطالعه، دامنه های شمالی ارتفاعات کرکس هستند که به دلیل استقرار در دامنه های شمالی کرکس، دارای کانون‌های مدنی متعددی نسبت به دامنه‌ی جنوبی خود است. دامنه های شمالی این ارتفاعات محل استقرار شهرهایی مانند:

کاشان، آران و بیدگل، نطنز،نائین، اردستان، ابوزید آباد و نواحی روستایی بوده، که حیات خـود را مدیون جهت دامنه‌ی کرکس هستند.این محدوده دارای مختصـات طـول جغرافیـایی۲۷ ۵۱ تا۵ ۰ ۵۳شرقی و عرض جغرافیایی ۵۱ ۳۲ تا ۵۹ ۳۳ می‌باشد. شکل شماره(۱)

شکل شماره(۱)موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه



مواد و روش‌ها

مواد: در چار چوب هدف این پژوهش هفت عنصر هیدرو اقلیمی میانگین دمای روزانـه-کمینـه و بیشینه دمای سالانه و فصلی-مجموع بارش سالانه-و روزهای با تداوم بارش بیش از پنج وده میلی‌متـر و مقدار تبخیر از سـطح طشـت کـلاس A در دامنـه‌هـای شـمالی کـرکس طـی دوره‌ی آمـاری سـی ساله(۲۰۰۹-۱۹۸۰) در ایستگاه‌های کاشان، اردستان، نطنـز و نـائین مـورد بررسـی قـرار گرفتـه اسـت. جدول شماره ۱ مختصات مکانی و اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول شماره۱ . مشخصات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه‌های منتخب

نام ایستگاه	طول		عرض		ارتفاع (متر)	متوسط کمینه‌ی دما (سانتی‌گراد)	متوسط بیشینه‌ی دما (سانتی‌گراد)	متوسط دما سالانه (سانتی‌گراد)	بارندگی سالانه (میلی متر)
	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه					
کاشان	۲۷	۵۱	۵۹	۳۳	۹۸۲.۳	۱۲	۲٦.۱	۱۹	۱۳٦.۲
اردستان	۲۳	۵۲	۳۳	۳۳	۱۲۵۲.٤	۱۲.۵	۲٤.۸۹	۱۸.۵	۱۲۰
نایین	۰۵	۵۳	۵۱	۳۲	۱۵٤۹	۹.۳	۲۳.۵	۱٦.۵	۹٤.۵
نطنز	۵٤	۵۱	۲۲	۳۳	۱٦۸٤.۹	۱۰.۱۵	۲۲.۵	۱۵.۵	۱۸٦

روش: آشکار سازی تغییر و نوسان در عناصر اقلیمی با استفاده از شیوه های مختلفی امکان پذیر است. روندیابی یکی از عام‌ترین این روش‌ها به‌حساب می‌آید. تغییرات آرام، یکنواخت و درازمدت در میانگین مقادیر را روند گویند(عساکره ، ۳۲:۱۳۸٦). در واقع روند را حالتی کمابیش پایدار از افزایش،کاهش یا ثبات از عناصر اقلیمی که چگونگی آن‌ها در سیستم اقلیم وابسته به دوره‌ی آماری است (عساکره،۲۹:۱۳۸۲).

در این پژوهش تلاش گردیده با استفاده از روندیابی، میزان تغییرات آماری در داده های اقلیمی آشکار گردد. بدین منظور به کمک روش آماری نا پارامتری من –کندال وجود روند(افزایشی و کاهشی) و عدم وجود روند در مورد هر عنصر اقلیمی و هر ایستگاه تعیین می‌شود.

بدین ترتیب در ابتدا پارامترهای هفت‌گانه‌ی اقلیمی در ایستگاه‌های منتخب از پایگاه داده‌های سازمان هواشناسی کشور استخراج و در ساختار جدول نرم افزار اکسل تشکیل، در ادامه با استفاده از روش انتخابی من–کندال مقادیر z،var (t)،p در سطح اطمینان ۹۵٪ محاسبه شده است.

آزمون من–کندال: این آزمون ابتدا توسط من (۱۹٤۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و تعریف یافت. آماره این آزمون به شرح زیر است:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{VAR(S)}} & if\ S > 0 \\ 0 & if\ S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{VAR(S)}} & if\ S < 0 \end{cases} \qquad (۱)$$

که : S مربوط به علامت‌های تفاوت مقادیر با یکدیگر (رابطه ۲) و Var (s) پراش S (رابطه ۳) است:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \mathrm{sgn}(x_j - x_k) \qquad (۲)$$

$$\mathrm{var}(s) = \frac{n-(n-1)(2n+5)-\beta}{18} \qquad (۳)$$

که : n تعداد مشاهدات سری، Xj و Xk به ترتیب داده‌های jام و kام سری (مرتب شده به ترتیب وقوع)، sgn(.) تابع علامت (رابطه ٤) و □□ عاملی مربوط به تصحیح پراش در صورتی که داده-های تکراری در اطلاعات وجود داشته باشد (رابطه ۵) می‌باشد.

$$\mathrm{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \qquad (٤)$$

که : t تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. در یک آزمون دو دامنه‌ای برای روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در حالتی پذیرفته می‌شود که رابطه‌ی زیر برقرار باشد:

$$\leq Z_{\alpha/2}\ |z| \qquad (۵)$$

که α سطح معنی داری برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Zα آماره‌ی توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی داری α می‌باشد. با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از ۲/ α و سطح معنی داری ۹۵ درصد استفاده می‌شود.

بحث

گرم شدن سراسری زمین که در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای و عوامل طبیعی در حال رخداد است. بخش‌های مختلفی از پارامترهای مؤثر بر حیات انسانی مانند کشاورزی و امنیت غذایی، سطح

دریاها و سواحل، تنوع زیستی و اکوسیستم‌ها سلامت بشر و از همه مهم‌تـر منـابع آب را تحـت تـأثیر خود قرار داده است. در همین راستا مطالعات متعدد در چارچوب قرار دادهای بین‌المللـی و منطقـه ای و همکاریهای جهانی در حال انجام است. آشکار سازی نمودهای این تغییـرات، بـه ویـژه در مـورد دو عنصر دما و بارش با اهمیت است. در این مطالعه نیز دما و بارش در دامنه های شـمالی کـرکس مـورد توجه قرار گرفته و علاوه بر آن نیز تبخیر از سطح آب به عنـوان یکـی از اجـزای چرخـه‌ی آب مـورد بررسی قرار می‌گیرد تا تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آب مشخص شود.

دما: تعیین روند دما به عنوان محسوس‌ترین عنصر اقلیمی در ایسـتگاه‌هـای منتخـب بـا اسـتفاده از روش من–کندال در سری زمانی سالانه و فصلی دارای سطوح معنی داری به شـرح جـداول شـماره(۲ تا ۶) می‌باشد.

جدول۲. نتایج آزمون من کندال (*Z*) روی داده های سالانه (دما)دوره۲۰۰۹-۱۹۸۰

نام ایستگاه پارامتر	کاشان	اردستان	نطنز	نایین
میانگین بیشینه‌ی سالانه	۰/۱۴۲	-۰/۹۹	۰/۲۶۷	/۱۶
میانگین کمینه‌ی سالانه	۱/۹۲	٤/۷٤	۱/۶۷	۵/۲۸
میانگین سالانه	۰/٤۸۱	۰/۱۷	۲/۶۷۶	۳/۶۵

جدول۳ . آزمون من کندال روی داده های فصلی(بهار) دوره۲۰۰۹-۱۹۸۰

ایستگاه	میانگین دما	میانگین بیشینه	میانگین کمینه
کاشان	-۰/۱٤	-۰/٤۸	۱/۲۶
اردستان	-۰/۲۸۵	-۰/٤٤۶	٤/۳۸
نطنز	۱/۱۹	۰/۰۸۹	۱/۳۲
نایین	۱/۲۳	-۰/۵۱۷	٤/۰۳

جدول٤ . آزمون من کندال روی داده های فصلی(تابستان) دوره۲۰۰۹-۱۹۸۰

پارامتر ایستگاه	میانگین دما	میانگین بیشینه	میانگین کمینه
کاشان	۰/۹۱	۰/۳۵۰	**۲/٤٤
اردستان	-۰/۲۳	-۰/۹۲۸	**۳/۹۷
نطنز	**۳/۰۱	۰/۰۱	**۱/۹
نایین	**۳/۰۸	۰/٤۹۹	**٤/۳۷

جدول٥ . نتیجه آزمون من کندالZ روی داده های فصلی(پاییز) دوره۲۰۰۹-۱۹۸۰

ایستگاه	میانگین دما	میانگین بیشینه	میانگین کمینه
کاشان	-۰/۲۸۵	-۰/۳۵	۰/۹٤
اردستان	-۰/٤۹۹	-۰/۷۸	**۳/٦٤
نطنز	۰/۲٤۹	۰.۰۱	-۰/٤۸
نایین	۱/۱۲٤	-۰/۹۹	**۳/۹۸

جدول٦ . آزمون من کندال روی داده های فصلی(زمستان) دوره۲۰۰۹-۱۹۸۰

ایستگاه	میانگین دما	میانگین بیشینه	میانگین کمینه
کاشان	۰/٦٦	۰/۱۷	۱/۲۳
اردستان	۱/۳۵۵	-۰/۷۱۳	**۳/۲۳
نطنز	۱/٦٤	۰/٦۲٤	۰/٦٤۲
نایین	**۲/۸	۱/۲٥	**۳/٦۹

*وجود روند در ایستگاه

با توجه به جداول ارائه شده، مقادیر سالانه و فصلی عناصر سه‌گانه‌ی دمای ایستگاه های منتخب عمدتاً روند افزایشی دارند.البته این روند در مورد برخی ایستگاه‌ها،فصول و عنصر اقلیمی دارای سطح

معنی داری متفاوتی است.به گونه ای که میانگین دمای سالانه در دو ایستگاه نطنز و نایین دارای روند افزایشی و در سطح ۹۵٪ معنادار است. میانگین کمینه سالانه‌ی دما از سطح معنی‌داری با روند افزایشی بالاتری نسبت به متوسط سالانه‌ی دما برخوردار است، به گونه ای که در ایستگاه های حاشیه‌ی کویر منطقه (کاشان، نایین و اردستان) این روند معنی‌دارتر می‌باشد.در واقع این وضعیت روند و سطح معنی‌داری، به ویژه در مورد میانگین، حداقل نشان دهنده‌ی وجود شب‌های گرم‌تر نسبت به قبل و کاهش اختلاف بین بیشینه و کمینه دما و کاهش تعداد روز یخبندان می‌باشد.

بررسی‌های دما در فصل گرم سال (بهار و تابستان) نشان می‌دهد که دما در این دو فصل از روند کاهشی برخوردار است. البته همانند روند سالانه، این روند میانگین دمای کمینه در دو فصل تابستان و بهار روند افزایشی نشان داده و افزایش دما با سطح معنی داری (۹۵٪) در گزینه‌ی میانگین کمینه دمای فصل آشکارتر می‌باشد. روند دما در فصل سرد سال (پاییز و زمستان) نسبت به دوره‌ی گرم سال متفاوت‌تر می‌باشد، به گونه‌ای که فصل پاییز تقریباً شبیه فصل بهار است. اما فصل زمستان دارای روند دمایی متفاوت با سایر فصول می‌باشد.به گونه‌ای که روند دماهای مختلف در تمامی ایستگاه‌ها مثبت و افزایشی می‌باشد.بدین ترتیب ما با زمستان‌های گرم‌تر با تعداد روز یخبندان کمتر و جابه‌جایی فصلی دما روبرو خواهیم بود.

بارش: از دیگر موارد انتخابی برای آشکار سازی تغییرات اقلیمی در این منطقه، مقدار بارش سالانه، تعداد روزهای با بارش پنج میلی‌متر و بیشتر(مؤثر در کشاورزی) و روزهای با بارش بیش از ده میلی‌متر(مؤثر در هیدرولوژی) می‌باشد. جدول شماره (۷) نتایج آزمون روند داده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول۷: نتایج آزمون من کندال (Z) روی داده های سالانه (بارش) دوره۲۰۰۹–۱۹۸۰

نام ایستگاه	مجموع بارندگی (میلی متر)	تعداد روزهای بارندگی به میزان**۵**(میلی متر)یا بیشتر	تعداد روزهای بارندگی به میزان**۱۰**(میلی متر)یا بیشتر
کاشان	۰/۳۲	۰/٤۳۳	۰/۷۳۸
اردستان	* -۲.٦۷	۱/۷۵	۱/۱۹
نطنز	-۰/۰٦	-۰/۳۱٦	۰/۷۳۳
نایین	۰/۲۸	-۰/۳۰٦	۰/۸۱۵

طبق جدول شماره(۷)میزان بارش سالانه، تعداد روزها با بارش ۵ و ۱۰ میلی متر و بیشتر در بین ایستگاه‌های منتخب بجز در ایستگاه اردستان فاقد روند می‌باشند. میزان بارش سالانه در ایستگاه اردستان دارای روند کاهشی معنی داری است. روزهای وام با بارش بیش از ۵ میلی متر در تمامی ایستگاه‌ها، فاقد روند است که البته در دو ایستگاه کاشان و اردستان جهت حرکت داده‌ها مثبت و در دو ایستگاه نایین و نطنز دارای جهت گیری کاهشی می‌باشد. تعداد روزهای با بارش بیش از ده میلی‌متر نیز داده‌ها فاقد روند تشخیص داده شدند، اما آنچه در این پارامتر قابل توجه است وجود جهت مثبتی در معادله‌ی روند آن است. وجود چنین روند در این پارامتر حاکی از افزایش بارش‌های همراه با سیلاب در منطقه‌ی مورد بحث است. در واقع با توجه به معادله‌ی خط داده‌ها، باید گفت که ریزش بارش‌های ۱۰ میلی متر و بیشتر در منطقه ای که میانگین سالانه بارش آن بین ۹۵ تا ۱۸۶ میلی متر است، به معنای کاهش فراوانی بارش‌ها،رخداد رگبارهای منفرد،افزایش فرسایش خاک و منابع طبیعی می‌باشد.

تبخیر از سطح آب

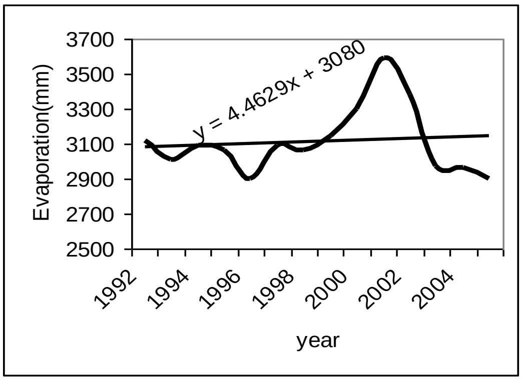
عمل تبخیر یک فرایند کاملاً فیزیکی بوده که در آن انرژی حرارتی باعث تغییر حالت از آب به گاز می‌شود. نتیجه‌ی این عمل از دست رفتن و کاهش منابع آب در دسترس می‌باشد.رطوبت هوا و یا رطوبت اشباع شده حاصل از بارش و دما، مؤثرترین عناصر اقلیمی مؤثر تبخیر از سطح آب محسوب می‌شوند. در واقع با افزایش دما تبخیر تا رسیدن به حد اشباع افزایش می‌یابد ،این افزایش موجبات افزایش نیاز آبی و تشدید خشکی را فراهم می‌سازد.در جدول شماره(۸) روند تبخیر از سطح طشت به عنوان میزان تبخیر واقعی مورد آزمون قرار گرفته است.لازم به ذکر است که به منظور تعیین روند تبخیر از سطح آب دوره آماری به دلیل این‌که داده‌های طشت تبخیر از سال ۱۹۸۷ به بعد در ایستگاه های منتخب اندازه‌گیری شده است بنابراین دوره‌ی آماری نیز یک دوره بیست ساله است که در همین دوره نیز سایر متغیرها مورد آزمون و تعیین روند قرار گرفته‌اند.

جدول۸: نتایج آزمون من کندال (Z) روی داده های سالانه تبخیر از سطح آب دوره ۲۰۰۷–۱۹۸۷

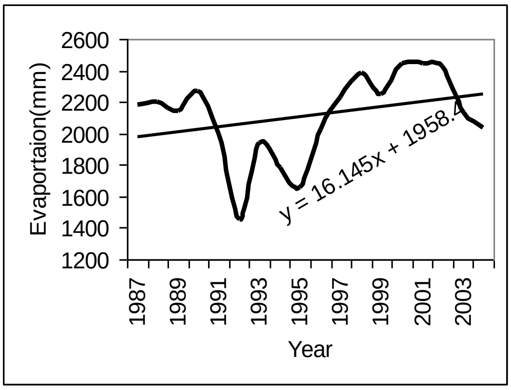
نام ایستگاه	کاشان	اردستان	نطنز	نایین
مجموع تبخیر از سطح طشت	۰.۹۳۶	۰/۶۳	۰/٤	۰/۷۶
میانگین حداکثر دما	۳/۰۵	۲/۳۸	۲/۷۵	۲/۵۷
میانگین سالانه دما	۲/۲۶	۱/۹۳	۲/۷٤	۳/۵۲
میانگین حداقل دما	۱/۸٤	۲/۵	۳/٤	۳/۰۲
بارش سالانه	۰/۹۷۹	-/٤۳۷	۰/۲۹	-۰/۵۷۳

مطابق با جدول شماره (۸) که روند پارامترها در دوره بیست ساله(۲۰۰۷–۱۹۸۷)را نشـان مـی‌دهـد. میزان تبخیر از سطح طشت فاقد روند معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪، ولی با روند افزایشـی و مثبـت در مقادیر تبخیر از سطح آب همراه می‌باشد. مقادیر میانگین سالانه، میـانگین کمینـه و بیشـینه‌ی سـالانه بجز در مورد میانگین کمینه ماهانه ایستگاه کاشان و میانگین سالانه‌ی دمای ایستگاه اردسـتان در سـطح ۹۵٪ از سطح معنی داری بالا و روند افزایشی برخوردار است. در دو پارامتر ذکـر شـده ایسـتگاه هـای کاشان و اردستان نیز روند افزایشی دارد. این روند افزایشی در مقایسـه بـا دوره سـی سـاله پارامترهـای دما که در جدول شماره (۲) مقادیر آن ارائه شده از سطح معنی داری افزایش بیشتری برخوردار اسـت. بنابراین باید گفت که در دو دهه‌ی (۲۰۰۷–۱۹۸۷) دما در منطقه‌ی مورد مطالعه با شیب بیشـتری نسـبت به قبل در حال افزایش است. این افزایش دما و تبخیر در حالی رخ داده اسـت کـه بـارش‌هـای سـالانه بدون روند و در دو ایستگاه اردستان و کاشان دارای روند کاهشـی هسـتند. بـه منظـور بررسـی میـزان اثرگذاری دما بر تبخیر با توجه به وجود روند افزایشی این دو پارامتر میزان تغییرپـذیری تبخیـر، نسـبت به دما با استفاده از معادله‌ی خط و شیب تغییرات مورد بررسی قرار گرفته است(نمودارهـای شـماره ۱ الـی ۸).

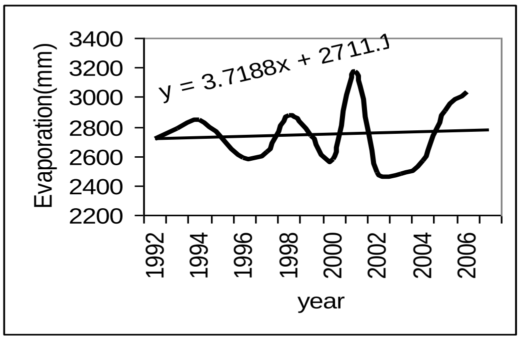
نمودار شماره(۱) میزان تبخیر و خط روند در ایستگاه اردستان



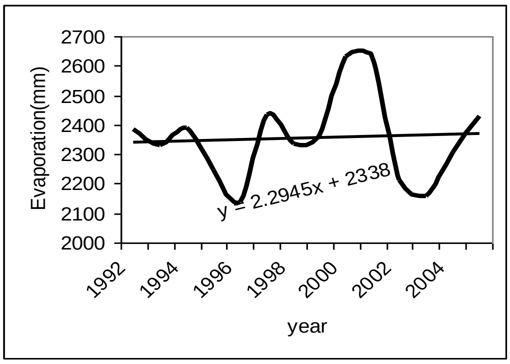
نمودار شماره(۲) میزان تبخیر و خط روند در ایستگاه کاشان



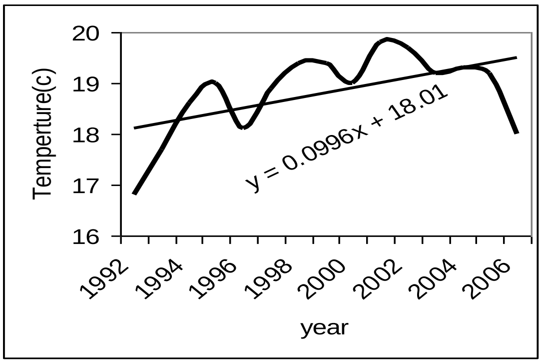
نمودار شماره(۳) میزان تبخیر و خط روند در ایستگاه نایین



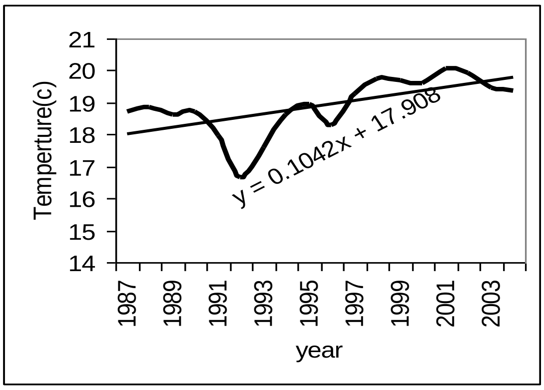
نمودار شماره(٤) میزان تبخیر و خط روند در ایستگاه نطنز



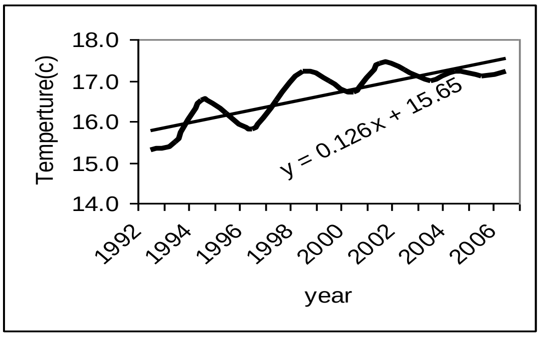
نمودار شماره(٥) میانگین دمای سالانه و خط روند در ایستگاه اردستان



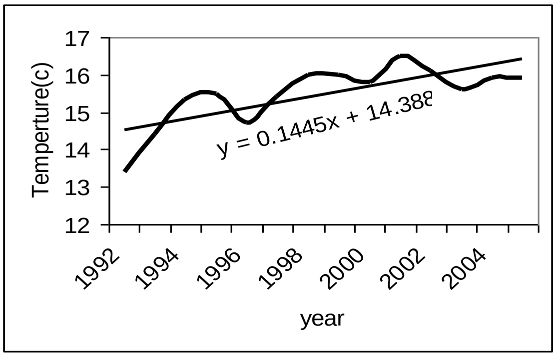
نمودار شماره(٦) میانگین دمای سالانه و خط روند در ایستگاه کاشان



نمودار شماره(۷) میانگین دمای سالانه و خط روند در ایستگاه نایین



نمودار شماره(۸) میانگین دمای سالانه و خط روند در ایستگاه نطنز



بر اساس نمودارهای شماره (۱ تا ۸) میزان افزایش تبخیر به ازای افزایش دما در ایستگاه های گوناگون متفاوت است. این افزایش طی دوره‌ی آماری (۲۰۰۷-۱۹۸۷) در مورد تبخیر ایستگاه اردستان ٤/٥ میلی متر و دما حدود ۰/۱ درجه سانتی‌گراد ،در ایستگاه کاشان شانزده میلی‌متر و دما ۰/۱۰٤ درجه‌ی سانتی‌گراد، در ایستگاه نایین افزایش تبخیر ۳/۷۱ میلی متر و دما ۰/۱۲٦ درجه‌ی سانتی‌گراد و در ایستگاه نطنز ۲/۲۹ میلی متر و دمای ۰/۱٤٤ درجه سانتی‌گراد به ازای هرسال می‌باشد. داده‌های برآوردی ذکر شده، گویای اختلاف در افزایش تبخیر میان ایستگاه‌های مختلف می‌باشد. براین اساس، بیشترین افزایش تبخیر در ایستگاه‌های کاشان و اردستان و کمترین مقدار آن به ایستگاه نطنز تعلق دارد. به نظر می‌رسد این اختلاف ناشی از موقعیت جغرافیایی این دو منطقه است. به‌گونه‌ای که

ایستگاه نطنز به دلیل استقرار در بین توده‌ی ارتفاعی کرکس، ارتفاع بالاتر و فاصله‌ی بیشتر از حاشیه‌ی کویر و ایستگاه نایین نیز به دلیل استقرار در دامنه‌ی شمالی کوه ملا احمد و فاصله از کویر بااین‌که از روند سریع‌تر افزایش دما برخورداراند، ولی به دلایلی مانند: سرعت کمتر باد، رطوبت نسبی بیشتر و اقلیم سردتر از دو ایستگاه اردستان و کاشان با تبخیر کمتری روبرو است.

نتیجه گیری

تحلیل نوسانات عناصر دما،بارش و تبخیر به عنوان مهم‌ترین عناصر اقلیمی مؤثر در منابع آب دامنه‌های شمالی کرکس طی دو دوره‌ی آماری سی ساله (۲۰۰۹-۱۹۸۰)نشان می‌دهد که پارامترهای دما به ویژه میانگین کمینه سالانه با سطح اطمینان ۹۵٪ دارای روند افزایشی به‌ویژه در فصل زمستان هستند. علاوه بر آن بارش در این منطقه بدون روند کاهشی یا افزایشی در سطح اطمینان ۹۵٪ بوده، ولی با کمک تکنیک هم‌بستگی و معادله‌ی خط رگرسیون روزهای با بارش ده میلی‌متر و بیشتر دارای روند افزایشی می‌باشد.

بررسی نوسانات عناصر بارش،دما و تبخیر طی دوره‌ی آماری بیست ساله(۲۰۰۷-۱۹۸۷)حاکی از آن است که داده های دما و تبخیر از سیر صعودی با شتاب بیشتری نسبت به دوره‌ی ۲۰۰۹-۱۹۸۰ برخوردار بوده است، به‌گونه‌ای که پارامترهای میانگین دمای سالانه، میانگین بیشینه و کمینه در سطح ۹۵٪ معنی‌دار بوده و دارای روند افزایشی است. در همین دوره بارش فاقد روند و تبخیر نیز بااین‌که بدون روند بوده، ولی معادله‌ی خط رگرسیون نشان دهنده‌ی افزایش ۲ تا ۱٦ میلی‌متر به ازای هر سال است.

وجود روند افزایشی دما و تبخیر و نبود روند در مجموع بارش سالانه به عنوان دو جزء مؤثر در بیلان آبی منطقه به شکل یک دور تسلسل ظهور پیدا می‌نماید، به‌گونه‌ای که در وهله‌ی اول افزایش نیاز آبی و کاهش رطوبت خاک از مهم‌ترین عواقب آن بوده و در مرحله‌ی بعد از آن، کاهش تراکم پوشش گیاهی، ظرفیت مراتع و محصولات کشاورزی و در نهایت فشار بیشتر بر منابع آب زیر زمینی به عنوان مهم‌ترین منبع تأمین کننده آب مورد نیاز بخش‌های مختلف، افت سطح ایستا بی، کاهش کیفیت منابع آب زیر زمینی را به دنبال خواهد داشت. افزایش بارش‌های سیلابی از دیگر نتایج این

نوسانات است. همان‌گونه که در بررسی روند بارش مشخص گردید با آن‌که مجموع بارش سالانه بدون تغییر می‌باشد، ولی وجود روند افزایشی در مؤلفه‌ی روزهای با بارش بیش از ده میلی‌متر گویای این مهم است. تأیید وجود نوسانات در مؤلفه‌های مهم اقلیمی دما، بارش و تبخیر در منطقه‌ای با اقلیم خشک و بیابانی حاشیه‌ی جنوبی دشت کویر و دامنه‌های شمالی کوه‌های کرکس و حساسیت زیاد منطقه به این تغییرات، اتخاذ شیوه های مدیریت مبتنی بر مدیریت ریسک و بحران را بیش از پیش الزام می‌نماید.

کتابنامه

۱. ابراهیمی و همکاران(۱۳۸۵)، "بررسی وجود روند تغییر دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه" ، ***فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی***، زمستان ۱۳۸۷.

۲. جهانبخش،سعید (۱۳۸۹)، "بررسی تغییرات بارندگی و دما در حوزه کرخه"، ***چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام ۱۳۸۹***.

۳. عزیزی و همکاران(۱۳۸۷)، "مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من کندال"، ***پژوهش‌های جغرافیایی شماره ٦٤***، تابستان ۱۳۸۷.

٤. عساکره ،حسین (۱۳۸٦)، "تغییرات مکانی زمانی بارش در ایران زمین طی دوره های آماری در سال ۲۰۰۳-۱۹٦۳"، ***مجله‌ی جغرافیا و توسعه*** ،پاییز و زمستان ۱۳۸٦.

۵. عساکره ،حسین (۱۳۸۹)، "تحلیل چرخه‌های میانگین سالانه‌ی دمای شهر زنجان"، ***جغرافیا و توسعه***، پاییز ۱۳۸۹، شماره۱۹.

٦. عساکره،حسین(۱۳۸٦)، ***تغییر اقلیم***، انتشارات دانشگاه زنجان، چاپ دوم.

۷. عساکره،حسین (۱۳۸۲)، "بررسی آماری روند بارش سالانه‌ی تبریز"، ***مجله‌ی فضای جغرافیایی*** ، شماره ۱۰.

۸ .علیزاده، امین(۱۳۸۵)، ***اصول هیدرولوژی کاربردی***: ۷٤۲-۷٤۳.

۹. غیور،حسنعلی و مجید منتظری(۱۳۸۸)، "تحلیل مقایسه ای روند بارش و خشکسالی حوضه‌ی خزر"، ***جغرافیا و توسعه***، زمستان۱۳۸۸شماره۱۹.

۱۰. فرج زاده ،منوچهر و همکاران (۱۳۸۹)،" مطالعه‌ی تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان به روش من کندال"، ***چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام۱۳۸۹***.

۱۱. مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۳)، "بررسی روند دمای ایران در نیم سده‌ی گذشته"، ***مجله‌ی جغرافیا و توسعه***، بهار و تابستان ۱۳۸۳.

۱۲. رضیئی، طیبی، دانش کار آراسته، پیمان، ثقفیان، بهرام، (۱۳۸٤)، "بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی و شرق ایران"، ***فصلنامه‌ی آب و فاضلاب اصفهان***، شماره ٥٤.

۱۳. مدرسی،فرشته،شهاب عراقی نژاد،کیومرث ابراهیمی و مجید خلقی(۱۳۸۹)، "بررسی منطقه ای پدیده تغییر اقلیم با استفاده از آزمون‌های آماری (مطالعه موردی: حوضه‌ی آبریز گرگان رود-قره‌سو)"، ***نشریه آب و خاک***،جلد ۲٤، شماره ۳ :٤٨٩-٤٧٦.

14. Ati, Ojonigue,seduQ.Mohamad and maeyam H.Ati.(2002), ***Variation and Trend is annual Rainfall amount and the onset of the rainy season for kano for 87 years*** (1916-2002).journal of applied science research.
15. Agroscope Reckenholz-Tänikon,(2007), ***Climate change and drought occurrence in the Alpine region:How severe are becoming the extremes?*** Global and Planetary Change 57 (2007) 151–160.
16. Chrysoulakis, N., M. Proedrou and C. Cartalis, (2003), ***Variations and trends in annual and seasonal means of precipit able water in Greece as deduced from radiosonde measurements***, Tech. rep, Institute of Applied Mathematics, University of Athens.
17. Goswami, B.N., Venugopal, V., Sengupta, D., Madhusoodan, M.S., Xavier, P.K., (2006), ***Increasing trend of extreme rain events over India in a warming environment.*** Science 314, 1442–1445.
18. H. Lkman,han .cerit.(2002),***climate changes and trend in temperature and precipitation of for period 1975- 2001***.international journal ofclimatolojy.
19. IPCC: 2001a, 'Climate Change (2001), ***Impacts, Adaptation & Vulnerability', Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on.*** Climate McLaughlin J.F., Jessica J., Hellmann J.L., Boggs C. L. and Ehrlich P. R., 2002. ***Climate change hastens population extinctions***, PNAS, ECOLOGY, Vol. 99, No. 9, 6073.Sparks,
20. Klin Tank .A.M.G and G.p.konnen .(2002), ***Trend Indices of Daily Temperature and precipitation Extremes in Eroupe***.2002.Royal Netherlands' Meteorological institute.
21. Kendall M.G. 197 .***Rank Correlation Methods***. Charles Griffin, London.
22. Manton, M.(2000), ***Trend in Indices of Daily Rainfall and Temperature Extreme in Southeast a Asian 1961-1998***.international Journal of Climatology.
23. Mann H.B. (1945), ***Nonparametric tests against trend***. Econometrica,13 , 245-259.
24. Sookjung -Huyun. youngeun choi.jai-Hooh. (2007), ***Recent Trend in Temperature and precipitation over south Kore***. International Journal of climatology.